



AeroFF - yksikön asennuksen kehittäminen

Timi Ahola

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2020

Konetekniikka, insinööri
Tuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka, insinööri
Tuotantotekniikka

AHOLA TIMI
Aeroff-yksikön asennuksen kehittäminen

Opinnäytetyö 41 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Toukokuu 2020

Tässä opinnäytetyössä kartoitetaan Aeroff -yksikön asentamisen kehittämismahdollisuuksia ja mahdollisia asennusratkaisuja. Toimeksiantajalla ei ollut tarjota Aeroff-yksikön asennukselle ratkaisua myynnin yhteydessä. Tästä syystä suunniteltiin yksikölle asennusteline sekä kartoitettiin valmiita ratkaisuja markkinoilta. Pyrkimyksenä oli saada yksikkö asennettua niin, että se vie mahdollisimman vähän tilaa muilta toiminnoilta. Asennusvaihtoehtojen lisäksi tarkasteltiin myös huollettavuutta ja turvallisuutta. Työ rajattiin vaihtoehtojen kartoittamiseen ja pohdintaan ja lujuuslaskelmat jätettiin työn ulkopuolelle.

Prosessi aloitettiin tutustumalla kookkaan Aeroff-yksikön vaatimuksiin, jotka omalta osaltaan määrittävät suunnitteluprosessin kulkua. Tarkoituksena oli löytää ja suunnitella standardiratkaisu, joka olisi mahdollisimman helppo modifioida asiakkaiden vaatimuksiin. Suunnittelussa käytettiin Autodesk Inventor Professional 2018 -ohjelmaa, jolla telineet mallinnettiin 3D-malleiksi.

Prosessin tuloksena saatiin kaksi mahdollista tapaa toteuttaa asentaminen asiakkaan tiloihin. Näistä vaihtoehtoista toinen, itsesuunniteltu telineratkaisu, mahdollistaa paremmin mukautuvuuden asiakkaan tilojen olosuhteisiin. Ratkaisu vaatii kuitenkin jatkokehitysprosessin, jossa sille suoritetaan lujuus- ja ainevahvuuslaskennat. Suunnittelun tuloksena syntyi asennusmalleja Aeroff-yksikön asentamiseen. Mallit ovat modifioitavissa olosuhteiden perusteella ja tarjoavat valmiin ratkaisun, mikä helpottaa yksikön markkinointia. Yksikkö pystytään viemään pois lattialta, jolloin tilankäyttö tehostuu.

Prosessin aikana kerätystä informaatiosta Aeroff Oy saa ratkaisumalleja asentamiseen. Tulevaisuudessa näitä malleja voidaan kehittää edelleen paremmiksi ja vastata yhä tehokkaammin markkinoiden vaatimuksiin. Aeroff Oy voi tarjota halli ilman tehokasta puhdistamista rajoittamatta kuitenkaan asiakkaan päivittäistä toimintaa.

Asiasanat: suunnitteluprosessi, mallintaminen, vaatimukset, kehitys

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Production Engineering

AHOLA TIMI
Developing the installation of an AeroFF Unit

Bachelor's thesis 41 pages, appendices 5 pages
May 2020

The purpose of this thesis was to either design or find a suitable existing stand for an AeroFF unit. AeroFF company did not have a stand to offer to customer when they sell the unit. The first phase was to study the features of the AeroFF unit. The objective was that the unit could be installed in a way that interferes with the other work done in the organization as little as possible. The planning process also included an analysis of safety and maintenance. Designed stands were created with Autodesk Inventor Professional 2018 software.

Two different installation solutions were created. In solution, where the stand was planned and manufactured self, had better possibilities to answer to the changing customer conditions. The solution requires some more processing before it can be offered to the customers. These planned solutions can be easily modified and self-made stands offer a standard solution that helps marketing of unit.

The AeroFF company received information which helps creating solutions to customers. In the future developing the stand produces better and better to demands of market. The company now has a product that exhaust air effectively, without interfering with the daily work tasks at client companies.

Key words: designing process, modeling, demands, development

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
1.1	Yritysesittely	5
1.2	Työn tausta ja tavoitteet	5
1.3	Työn rakenne ja kulku	7
2	TAUSTATEKIJÄT	8
2.1	Tuotekehitys	9
2.2	Mahdolliset sijoituspaikat	10
2.2.1	Vaadittavat ominaisuudet	11
2.2.2	Rajoittavat tekijät	12
2.3	Käytettävät materiaalit	12
3	RATKAISUEHDOTUS	14
3.1	Suunnitteluprosessi	14
3.2	Mahdolliset valmiit ratkaisut	15
3.3	Asentaminen	20
3.4	Huollettavuus	20
3.5	CAD-mallit	21
3.6	Turvallisuustarkastelu	29
3.7	Rasitussimulaatiot	30
3.7.1	Itsenäisesti seisova teline	31
3.7.2	Seinäteline	31
3.8	Ratkaisu	33
4	POHDINTA	35
	LÄHTEET	36
	LIITTEET	37
	Liite 1. Seinäkannake	37
	Liite 2. Huoltotasoton itsenäinen teline.	38
	Liite 3. Itsenäisesti seisova huoltotasollinen teline.	39
	Liite 4. Huoltotaso seinäkiinnikeille.	40
	Liite 5. Adapteritaso.	41

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään Aeroff Oy:lle. Aiheena on selvittää, kartoittaa ja suunnitella mahdolliset ratkaisut, joilla Aeroff-yksikkö voidaan asentaa asiakkaiden tiloihin. Ratkaisu on tarkoitettu tarjottavaksi yksikön myynnin yhteydessä vaihtoehtoiseksi menetelmäksi. mikäli asiakkaalle ei ole jo omaa ratkaisua asentamiseen tai yksinkertaisesti mahdollisuutta valmistaa omaa ratkaisua. Tässä opinnäytetyössä esitetyt ratkaisumallit voidaan hyödyntää sellaisenaan tai modifioida tapauskohtaisesti. Tapauskohtaisesti tässä työssä esitetyt ja suunnitellut ratkaisut saattavat olennaisesti muuttua.

1.1 Yritysesittely

Aeroff Oy on perustettu virallisesti 2019 kesäkuussa. Yrityksen ja sen innovaation taustalla vaikuttaa jo vuonna 2016 valmistunut Työterveyslaitoksen, VTT:n ja Tampereen ammattikorkeakoulun yhteishanke. Hankkeessa selvitettiin nykyisten suodatinratkaisujen toimintaa kohdepoistoissa ja lisäksi mukana oli myös vaihtoehtoisia ratkaisuja näille. Tämän hankkeen seurauksena syntyneitä ideoita jatkajalostettiin mahdolliseksi tuotteeksi vuosina 2016-2019 järjestetyssä ”Tutkimuksesta uutta liiketoimintaa”- hankkeessa. (Aeroff Oy 2020)

Aeroff Oy:n toimitusjohtajana toimii Hanna Pihlajarinne ja hallituksen puheenjohtajana Lasse Hillman. Lisäksi yritykselle työskentelee tällä hetkellä neljä muuta henkilöä erityyppisissä kehitys- ja markkinointitehtävissä.

1.2 Työn tausta ja tavoitteet

Työn taustalla vaikuttaa konepajojen kallis lattiatala, jolla ei ole tilaa isokokoiselle Aeroff-yksikölle. Tämä tarkoittaa sitä, että Aeroff-yksikkö pitää sijoittaa siten, ettei se vie tilaa konepajan työkoneilta tai aiheuta materiaali- tai energiavirtauksia esteitä. Konepajoissa tilankäyttö on usein tarkasti suunniteltu, jolloin täysin tyhjiä ja käyttämättömiä tiloja on usein.

tila on pyritty poistamaan ja saamaan tehokkaaseen päivittäiseen käyttöön esimerkiksi varastointipaikkana.

Asiakkaalla ei myöskään mahdollisesti ole valmiutta asentaa itse Aerooff-yksikköä omiin tiloihinsa, jolloin Aerooff Oy:llä täytyy olla esittää oma ehdotuksensa, jonka avulla yksikkö saadaan toimitettua. Tämä ehdotus on itsesuunniteltu malli tai markkinoilta löytyvän ratkaisun modifiointi asiakkaalle sopivaksi. Yksikön asennukseen pyritään löytämään monta vaihtoehtoisia ratkaisua, jolloin asiakkaan tarpeisiin voidaan vastata tilojen ominaisuuksista huolimatta.

Aerooffilla ei ennen tätä opinnäytetyötä vielä ollut tarjota yksikön myynnin ja tarjousten tekohetkellä asiakkaalle valmista ratkaisua, jolla yksikkö on mahdollista asentaa konepajaan siten, ettei se rajoita pajan tämän hetkisiä järjestelyjä. Tavoitteena oli luoda ja suunnitella yksikölle asennustapa tai teline, joka voidaan yksikköä myydessä esitellä asiakkaalle ja tarjota tapa tuoda yksikkö konepajaan ilman, että sen layout-suunnitelmaa joudutaan merkittävästi muuttamaan. Tavoitteena on tarjota ratkaisua asennukseen, joka on helppo modifioida asiakkaan tarpeiden mukaan tiloihin sopivaksi. Jokainen tapaus, jossa Aeroffin tarjoamaa ratkaisua modifioidaan asiakkaalle, tuo mukanaan tietenkin hieman lisäsuunnittelua ja tarkastelua, jotta telineen ominaisuudet säilyvät ja yksikkö on edelleen mahdollista asentaa. Tämä tuo mukanaan tapauskohtaisia ratkaisuja, joihin tässä opinnäytetyössä ei pureuduta. Yhtenä suurimmista tavoitteista on siis saada aikaan ratkaisu, joka on mahdollisimman valmis käytettäväksi sellaisenaan kohdesta riippumatta.

Työn keskiössä on telineen suunnitteleminen ja samalla Aerooff-yksikön tuotekehittäminen. Suunnitteleamalla yksikölle sen mukana tuleva asennusta ja huoltoaitaita helpottava teline, saadaan ratkaisusta markkinoille valmiimpi ja kokonaisvaltaisesti kilpailukykyisempi tuote. Suunnittelussa ei ole lähdetty keksimään pyörää uudelleen, sillä esimerkiksi pienemmät ilmastointilaitteet, esimerkiksi ilmalämpöpumput, sekä yleiset hylly- ja tasoratkaisut antavat oivallisen suunnan ja mallin telineelle. Näitä arkipäiväisessä elämässä kohdattavia ratkaisuja on pyritty hyödyntämään idean kehittämisvaiheessa.

1.3 Työn rakenne ja kulku

Opinnäytetyöprosessi ajoittuu keväälle 2020, tarkemmin helmikuun ja toukokuun väliselle ajanjaksolle. Työn toteuttaminen alkoi helmikuun alussa 2020 Aeroffin esitellessä työn aihetta. Itse suunnitteluprosessi alkoi varsinaisesti helmikuun loppupuolella, kun suurin osa yksityiskohdista saatiin sovittua.

Tämän opinnäytetyön rakenne seuraa hyvin pitkälle prosessin kulkua ja sen vaiheita. Alun johdannossa esitellään Aeroff Oy, sen historiaa ja nykytilaa. Samassa yhteydessä on esiteltynä myös tämän opinnäytetyön taustalla vaikuttavia tekijöitä sekä tavoitteita. Johdannon jälkeisessä niin sanotussa teoriaosuudessa on käyty läpi yksikön toimintaperiaate. Lisäksi osiossa on käsitelty yksikön hyötyjen rinnalla sen asennukseen ja telineen suunnitteluun vaikuttavia rajoituksia ja vaatimuksia, jotka ovat olennainen osa lopputuloksen kannalta. Tämän jälkeen esitellään ratkaisuehdotus tai ratkaisuehdotukset CAD-malleineen. Ratkaisuehdotuksina käydään läpi myös jo olemassa olevia rakenteita, joiden avulla olisi Aeroff-yksikön asennus mahdollista toteuttaa. Lisäksi tässä osiossa on käyty läpi ratkaisuun liittyvät muut olennaiset osat, kuten esimerkiksi huollettavuus ja turvallisuustarkastelu. Opinnäytetyön lopusta löytyvät pohdintaosuus, lähteet ja liitteet.

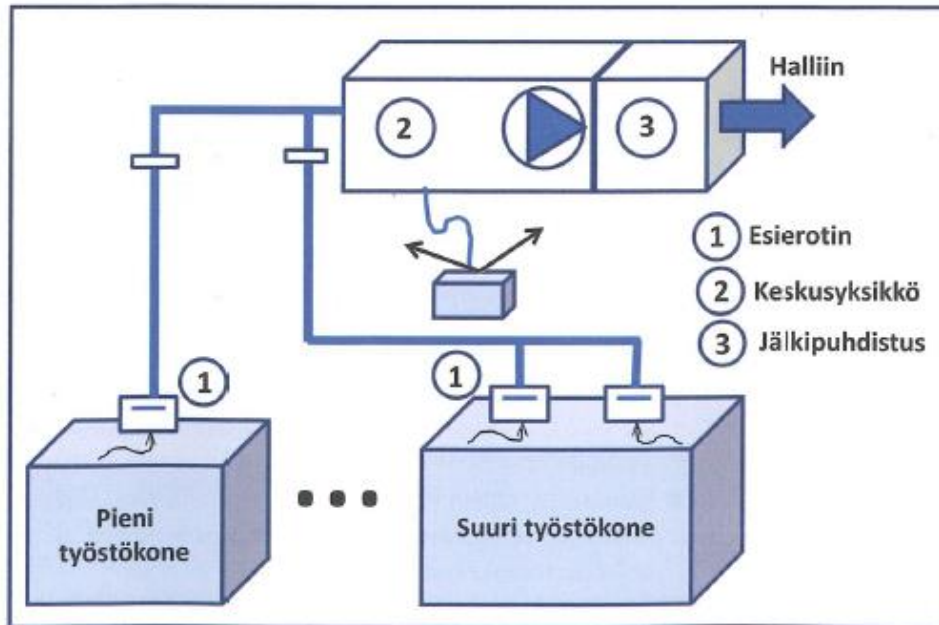
2 TAUSTATEKIJÄT

Aeroff-yksikön tarkoituksena on puhdistaa työstökoneiden kohdepoistoilmassa olevat, terveydelle haitalliset epäpuhtaudet, myös kaasumaiset aineosat. Perinteiset markkinoilla olevat kohdeilmanvaihtoratkaisut eivät poista ilmasta kaasumaisia osuuksia. Energiansäästösyistä ilmaa halutaan kierrättää halleissa. Ulospuhallettuna nämä epäpuhtaudet kuormittaisivat energiahukan lisäksi myös luontoa. Ennen Aeroff-ratkaisua markkinoilta ei löytynyt vastaavanlaista laitetta tai laitteistoa, joten ratkaisu on edelläkävijä. (Pihlajamaa 2020, 16-18; Aeroff Oy 2020)

Ilman epäpuhtauksille ja muille hiukkasille määriteltuihin raja-arvoihin (HTP-arvot) verrattuna teollisuusympäristöjen ilmanlaatu on yleisesti ottaen kohtalainen suurimmassa osassa tapauksista. Konepajoissa hengitystieoireiden riski on altistumisen vuoksi suurempi. Keskeisiä keinoja näiden riskien rajaamisessa ovat muun muassa työstökoneiden kotelointi ja kohdepoistot sekä työtapojen valvonta sekä kehittäminen ja turvallisuuden kehittäminen. Kun työstökoneiden kotelointi on toteutettu tehokkaasti toimivaksi ja mahdollisimman tiiviiksi, on mahdollista toteuttaa turvallinen ilman kierrätysratkaisu. (Pihlajamaa 2020, 16-18; Aeroff Oy 2020)

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltavana oleva Aeroff-yksikkö painaa noin 2 tonnia ja on mitoiltaan 1,8 metriä leveä, 4,5 metriä pitkä ja 1,2 metriä korkea. Aeroff-yksikön tarkoitus on puhdistaa konepajan tai vastaavan teollisuusympäristön halli-ilmaa minimoimalla kierrätettävien kohdepoistojen halliin tuomaa epäpuhtauskuormaa. Yksinkertaisuudessaan Aeroff-yksikkö toimii kohdepoistona ja erottaa työstökoneen aiheuttamat epäpuhtaudet, joita prosesseissa irtaa ilmaan. Ilma kulkeutuu yksikön läpi ja palautuu tämän jälkeen puhtaana takaisin halli-ilmaan. Aeroff-ratkaisun moniportainen ja useita eri puhdistusratkaisuja sisältävä toteutus mahdollistaa Työterveyslaitoksen asettamiin tavoitearvoihin pääsemisen tehokkaasti ja taloudellisesti.

Laite on markkinoiden ainoa terveydelle haitalliset aerosolit sekä öljysumun poistava ratkaisu, jossa yksikön läpi kulkeva ilma palautuu takaisin samaan kiinteistöön. Asiakaskohtaisesti modifioitava Aerooff-ratkaisu on mahdollista liittää asiakkaan olemassa oleviin koneisiin tai aivan uusiin työstökoneisiin. (Aerooff 2020)



KUVA 1. Aerooff-ratkaisun toimintaperiaate. (Työterveyslääkärilehti 2020, 17.)

2.1 Tuotekehitys

Tuotekehityksen tarkoituksena on tuottaa tai jalostaa olemassa olevaa tai täysin uutta tuotetta. Tuotekehityksen lähtökohtana on usein jokin hyvä idea, jota on osaltaan helppo lähteä jatkojalostamaan eteenpäin. Tuotekehityksessä tuotetta pyritään parantamaan ennestään saatavilla olevan tai aivan uuden tutkimustiedon avulla. Tavoitteena on saada markkinoille aiempaa kilpailukykyisempi tuote. Tuotekehityksen tarkoituksena on myös pystyä vastaamaan mahdollisimman hyvin asiakkaan tarpeisiin ja muuttuviin vaatimuksiin markkinoilla. Asiakkaan tarpeisiin vastaamisen lisäksi pyritään myös luomaan heille uusia tarpeita ja näin lisäämään tuotteiden myyntiä. Samalla prosessin aikana karsitaan jo mahdollisesti arvonsa markkinoilla menettäneitä tuotteita. Yrityksen halu laajentaa toimintaansa sekä tuotteiden lyhyet elinkaaret nykYTEknologian saattamana ajavat yrityksiä

kehittämään tuotteitaan paremmiksi. Tuotekehitysprosessin lopputuotosten tulokset näkyvät usein viiveellä yrityksen taloudessa. (Harjula & Koskinen 2007, 3-4.)

2.2 Mahdolliset sijoituspaikat

Tarkoituksena on saada aikaan ratkaisu, jolla Aerooff-yksikkö voidaan asentaa niin ettei se vie tilaa konepajoissa, joissa tilat usein ovat rajalliset ja jokainen ylimääräinen neliö on pyritty saaman mahdollisimman tehokkaaseen hyötykäyttöön. Tämä tarkoittaa sitä, että melko massiivisen kokoista Aerooff-yksikköä ei voida vain tuoda ja laskea alas lattialle vaan että sijoituspaikka isolle yksikölle löytyy irti lattiasta, tapauskohtaisesti räätälöidyllä tavalla.

Todennäköisimmät sijoituspaikat Aerooff-yksikölle tulevat olemaan seinät tai itsenäisesti jaloilla seisovat telineet tai hyllyt, jotka sijaitsevat työstökoneiden päällä, vieressä tai yrityksen varastoissa, joissa on vapaata suunniteltua tilaa kyseiselle kokonaisuudelle. Nämä paikat ovat myös tämän kriittisen yleisen tilankäytön kannalta sopivampia, koska lattiatila ei vähene vaan jää edelleen hyödynnettäväksi muuhun arkipäiväiseen toimintaan. Tämä opinnäytetyö keskittyykin pääosin juurikin näiden seinä- ja itsenäisesti seisovien alustojensuunnitteluun.

Muita mahdollisia sijoituspaikkoja Aerooff-yksikölle konepajoissa on myös olemassa. Esimerkiksi olemassa on jo suunnitelma Aerooff- prototyypin sijoittamisesta konepajassa sijaitsevan toimisto- ja henkilöstökopin katolle, jossa se säästää tilaa. Tällaisia samankaltaisia työkoppeja löytyy varmasti monesta konepajasta ja niiden katoilla usein on sijoitettuna ilmastointilaitteiden yksiköitä. Lisäksi nämä toimistokoppien katot ovat useimmiten käytössä myös varastointitiloina, joten niitä hyödynnetään jo tälläkin hetkellä konepajoissa melkoisen tehokkaasti. Näiden koppien katoille sijoittamisessa täytyy kuitenkin huomioida muutamia seikkoja, joita käydään myöhemmin tässä opinnäytetyössä lävitse kohdassa, jossa on huomioitu asennusta rajoittavia tekijöitä. Tässä kohdassa on vertailun vuoksi huomioitava, että Aerooff-yksikkö on huomattavasti kookkaampi kuin normaalit ilmastointiyksiköt ja ilmalämpöpumput, joten sen liikuttaminen ja siirtäminen tällaiseen paikkaan on jo huomattavasti työläämpää.

Yhtenä mahdollisena sijoituspaikkana yksikölle on tietysti asettaa se yksinkertaisesti vain lattialle. Toki lattialle sijoittaminen on suurimmassa osassa konepajoja lähes mahdotonta ja tässä työssä lähtökohtana on löytää ja suunnitella ratkaisu, jotta yksikkö saadaan pois lattioilta tilan säästämiseksi. Tämän yksityiskohdan takia lattialle sijoittamiseen ei paneuduta sen enempää, mutta se on mainitsemisen arvoinen koska suurimmissa yhtiöissä tämä ratkaisu voisi olla jopa todennäköinen ja mahdollinen tilojen näin salliessa.

2.2.1 Vaadittavat ominaisuudet

Telineettä, jolle yksikkö asennetaan; suunniteltaessa on huomioitava konepajojen olosuhteet. Ratkaisuihin pyritään pääsemään tilanteeseen, jossa lopputuloksena on kaksi vaihtoehtoa. Seinäkiinnitysratkaisussa ei ole telineen sijoituspaikan lisäksi suuria pohdittavia kysymyksiä. Koska jokaisessa konepajassa ei välttämättä ole mahdollista asentaa yksikköä seinälle, itsenäisesti seisova vaihtoehto on mahdollinen ratkaisu. Tällöin telineen alla pitää olla mahdollisuus varastoida tai pitää toiminnassa olevaa työstökonetta. Tällöin ristituet suunnitellaan varsinainen seisontajalkojen välissä sekä itse seisontajalat irroitettaviksi. Irrotettavat jalat ja tuet mahdollistavat telineen sijoittamisen siten, että se on toisesta päädystään tuettu ja kiinnitetty seinään ja toisessa päässä jalat kannattelevat kokonaisuutta. Telineen suunnittelussa täytyy huomioida myös yksikön huollettavuus, jolloin telineessä täytyy itsessään olla mahdollinen huoltotaso, jolla suoritetaan mahdolliset huoltotoimenpiteet. Näistä kuitenkin lisää huollettavuuden tarkastelun yhteydessä.

Olennaisena ominaisuutena Aerooff-yksikön telineen täytyy kestää yksikön paino sekä olla kestävä teollisuusympäristössä. Kestoiän täytyy olla vähintään sama kuin itse yksikön käyttöikä, sillä sen vaihtaminen asennetun ja toiminnassa olevan yksikön alta aiheuttaa huomattavan suuria toimenpiteitä, jotka ovat estettävissä ennakoon.

2.2.2 Rajoittavat tekijät

Aeroff-yksikön asennusta ja sijoituspaikkaa rajoittavat monet tekijät. Rajoittavat tekijät saattavat rajata jonkin paikan tai asennustavan pois, vaikka muuten kyseisessä tilanteessa olisi teoreettisesti mahdollista käyttää paikkaa tai asennustapaa. Suurimpana yksittäisenä tekijänä, joka omalta osaltaan vaikuttaa ja tuo kaikki muut tekijät mukanaan, on Aeroff-yksikön koko. Yksikön koko saattaa pakottaa tekemään erikoisjärjestelyjä jo yksikön saapuessa konepajalle, sillä sen kuljettaminen ovelta suunniteltuun paikkaan voi olla haasteellista ahtaassa konepajassa. Ihannesijoituspaikka yksikölle voi siis logistista syistä jäädä pois kuviosta. Yksikkö pitää kuljettaa paikalleen konepajassa olevan siltanosturin avulla tai trukilla, joten sijoituspaikka pitää löytää siten, että se on käytettävän nostolaitteen säteen saavutettavissa.

Aeroff-yksikön koon takia täytyy huomioida myös konepajassa oleva nosturiliikenne. Sen lisäksi, että yksikkö mahdollisesti täytyy nostaa nosturilla sijoituspaikalleen, täytyy suunnitteluvaiheessa taata yksikön mahtuminen nostureiden alle. Yksikkö täytyy sijoittaa siis siten, että sen yläpuolella olevat mahdolliset siltanosturit ja muut vastaavat mahtuvat edelleen liikkumaan omilla raiteillaan. Nosturien lisäksi pitää huomioida myös muu hallissa tapahtuva liikenne, jonka mukana liikkuvat niin materiaalit, työkoneet kuin henkilöstökin. Yksikkö vaatii myös huolto- toimenpiteitä, joten huoltotöiden suorittamiselle ja huoltotasolle pitää olla tilaa, eivätkä ne saa myöskään rajoittaa konepajan normaalia toimintaa.

Yksikköä ja sen telinettä sijoitettaessa on huomioitava niiden yhteispainon mukanaan tuoma rasitus sijoituspaikalle. Esimerkiksi toimistokopit voivat kantavuudeltaan olla liian heikkoja. Seinän kantavuus puolestaan on otettava huomioon seinäkiinnitysratkaisuissa. Nämä ovat seikkoja, jotka on selvitettävä ennen yksikön asennusta valitulle paikalleen.

2.3 Käytettävät materiaalit

Telineen valmistusmateriaaliksi todennäköisimmin valikoituu teräs. Teräs on yleinen käytetty materiaali teollisuudessa ja sen erilaissa rakennusratkaisuissa, joten

se soveltuu myös tässä tapauksessa ja ratkaisussa hyvin käytettäväksi. Materiaalina teräs on kestävä ja AeroFF-yksikön painon huomioon ottaen on teräs itsestään selvä valinta käytettäväksi itse telineessä. Teräs on myös helppo suojata esimerkiksi maalaamalla tai sinkittämällä. Markkinoilla on jo valmiiksi sinkitettyä terästä, joka varmasti kestää konepajaolosuhteissa siihen kohdistuvan kuormituksen. Teräs voidaan myös maalata, jolloin maalikerros auttaa suojaamaan sitä epäpuhtauksilta ja korroosiolta.

Myös alumiinia voi hyödyntää materiaalina huoltokaiteissa tasossa keveytensä ansiosta, sillä se on tiheydeltään kolmasosan esimerkiksi teräksen tiheydestä ja sillä on korkea lujuus-ominaispainosuhte. Esimerkiksi näiden ominaisuuksien vuoksi alumiini on käytettäessä yksi taloudellisimmista ja tehokkaimista materiaaleista. (Totalmateria 2020.) Tässä tapauksessa kaiteet eivät toisi merkittävää lisäkuormaa telineelle ja seinälle, jos käytetään tässä esimerkkinä suunniteltua seinäteline-ratkaisumallia. Alumiini on jo yleisesti hyvin käytetty materiaali teollisuudessa ja myös muualla esimerkiksi hyllyjen valmistusmateriaalina. Puhdas alumiini on melko pehmeää, mutta lisäämällä siihen erilaisia seosaineita voidaan sen lujuutta kasvattaa huomattavasti. Ilma muodostaa alumiinin pintaan suojaavan oksidikerroksen ja tämän ansiosta alumiini kestää hyvin korroosiota. Alumiini on myös helposti käsiteltävä materiaali, jonka takia se on yleisesti käytössä esimerkiksi erilaisten kulkuneuvojen osissa. (Tibnor 2020.) Lisäksi teräs ja alumiini kestävät teollisuusympäristössä pitkään, jolloin näistä asioista ei tarvitse liiemmin huolehtia.

3 RATKAISUEHDOTUS

3.1 Suunnitteluprosessi

Suunnitteluprosessin taustalla ja tavoitteena oli saada aikaan standardiratkaisu, jota voidaan tarjota asiakkaalle yksikön myymisen yhteydessä, jolloin itse yksikköä koskevien kauppojen teko ei jäisi kiinni siitä, ettei mahdollisella asiakkaalla ole mahdollisuutta asentaa laitetta itsenäisesti. Alussa mukana suunnittelussa olivat myös mahdolliset valmiit ratkaisumallit, joita markkinoilta voisi löytyä. Mahdollisuutena oli siis ottaa jo olemassa oleva ratkaisu ja todeta, että tämän avulla Aerooff-yksikkö on mahdollista asentaa paikoilleen asiakkaalle.

Prosessin alkuvaiheissa ratkaisumallina oli saada aikaan yksi teline, joka saadaan irrotettavilla jaloilla suoraan modifioitua myös seinälle asennettavaksi telineeksi. Telineen toimiminen vain asennus- ja alustana mahdollisia lattia- tai muita tasaisten pintojen asennuksia varten pyrittiin myös mahdollistamaan. Näitä tarjoavat yritykset olivat kuitenkin tarjoamassa mittatilaustyönä kulkusiltoja ja hyllyköitä, joten päätöksenä oli jättää niiden tutkiminen vähemmälle huomiolle, mutta muutamia on tässäkin yhteydessä huomioitu mahdollisuuksina.

Suunnitteluprosessin edetessä alkoi hahmottumaan kuitenkin ratkaisu, jossa seinäteline ja itsenäisesti seisova teline ovat omat mallinsa, Tätä näkökulmaa käytetään myös lopullisessa ratkaisuehdotuksessa. Koska pyrittiin tarjoamaan mahdollisimman helposti modifioitavissa oleva ratkaisu ja myös tilojen mahdollisen ahtauden huomioonottava ratkaisu, seinätelineestä muodostui malli, joka voidaan toteuttaa huoltotasolla tai ilman. Tällä tavalla huoltotoimenpiteitä täytyy toteuttaa eri tavoin, mutta ratkaisu antaa enemmän liikkumavaraa sovellettavuudessa. Itsenäisesti seisovan telineen kohdalla päädyttiin myös samanlaiseen ratkaisuun, jossa mallista on kaksi versiota, huoltotasolla sekä ilman tasoa olevat telineet.

Prosessin loppuvaiheessa tehtiin päätös jättää kattavat lujuuslaskelmat tuotekehitysorganisaatioiden tehtäväksi. Ratkaisumalleissa keskityttiin esittelemään

laajemmin erilaisia valmiita ratkaisuja, kuten kuormalavahyllyköitä. Itse suunnitelluiden telineiden kohdalla tehtiin tarkastelut, joissa pyrittiin selvittämään rakenteiden kohtia, joihin kohdistuu suurimpia rasituksia. Ainevahvuuden laske-
mista, hitsisaumojen sijoituskohtia, hitsin paksuuksia tai tarvittavien jäykisteiden tarvittavuutta ei tässä työssä käsitellä.

3.2 Mahdolliset valmiit ratkaisut

Monet teollisuushyllyköt ominaisuuksiltaan, kuten materiaaleiltaan ja kantavuudeltaan sopisivat valittaviksi käyttöön, mutta niitä ei suoranaisesti ole kuitenkaan suunniteltu juuri tällaiseen. Hyllykokonaisuuksiin ei kuitenkaan sellaisenaan saisi asennettua Aerooff-yksikköä mittojen puolesta, jolloin yksikkö täytyisi sijoittaa esimerkiksi kahden hyllyn varaan. Mikäli yrityksessä, johon on suunnitella sijoittaa Aerooff-yksikkö, on jo olemassa teollisuusvarastointiratkaisuja, on hyvä kartoittaa tilanne ja selvittää valmistajat ja hyllyn ominaisuudet. Tällöin voi olla mahdollista toteuttaa yksikön asentaminen asiakkaan tiloihin hyödyntäen näitä käyttäen. Hyllyjä on tässä tapauksessa myös mahdollista käyttää varastointiin edelleen samaan tapaan ja sulauttaa yksikkö kiinteistöön ja sen materiaaleihin. Näissä teollisuushyllykkö ratkaisuihin yhtenä eduista olisi helppo korkeussäätö, sillä hyllyköt ovat useimmiten toteutettu niin, että hyllyt ovat siirrettäviä eri korkeuksille tai jopa kokonaan pois jätettäviä. Tällöin yksikön asennuskorkeutta voitaisiin melko helposti muokata.

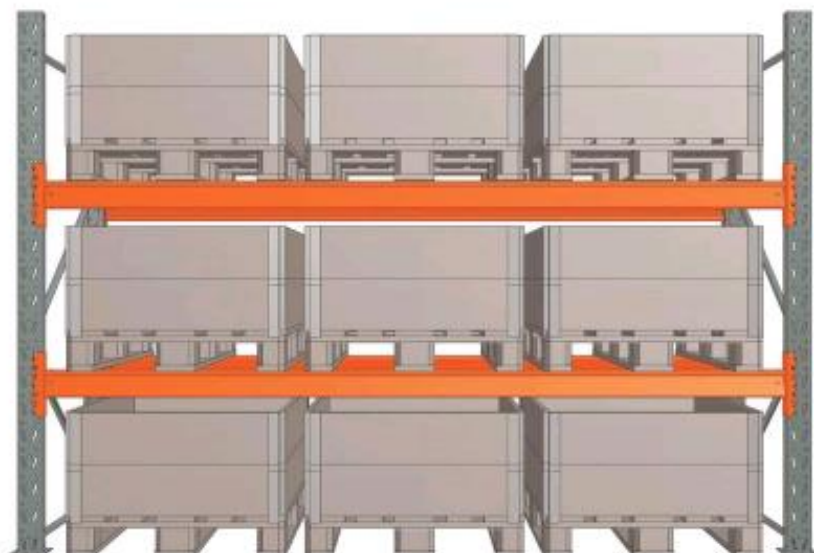
Kasten on teollisuushyllyjen valmistaja, jolla on tarjota kantavuudeltaan sopivia hyllyjä Aerooff-yksikön näkökulmasta. Kasten-hyllyjen tasokantavuus on jopa 5000 kilogrammaa, jolloin Aerooff-yksikön paino ei ole ongelma. Vaakapalkin pituus on maksimissaan 4400 millimetriä, jolloin 4500 millimetriä pitkää Aerooff-yksikköä ei voida sijoittaa suoraan hyllylle. Kasten-hyllyjen maksimileveys on kuitenkin 1100 millimetriä, jolloin yksikkö ei mahdu yhdelle hyllylle, mutta kahta päätyä käyttämällä pystyittäisiin asennus toteuttamaan, suunnittelemalla niiden väliin adapteri, esimerkiksi hyllylle sijoitettava aluslevy, jonka avulla saadaan lisäleveyttä ja yksikkö sijoitettua hyllykölle. Hyllyjen tasokantavuus on 5000 kilogrammaa ja välikkokantavuudeksi on luvattu jopa 30 000 kilogrammaa. Näin ol-

len hyllyt kestävät helposti yksikön painon ja käytännössä samalle tasolle voidaan kantavuuden puolesta sijoittaa muutakin. Aerooff-yksikön koon takia tämä ei kuitenkaan onnistu. Materiaaliltaan hyllyt ovat sinkittyjä tai maalattuja, joten ne kestävät teollisuusympäristöissä hyvin. (Kasten 2020.)



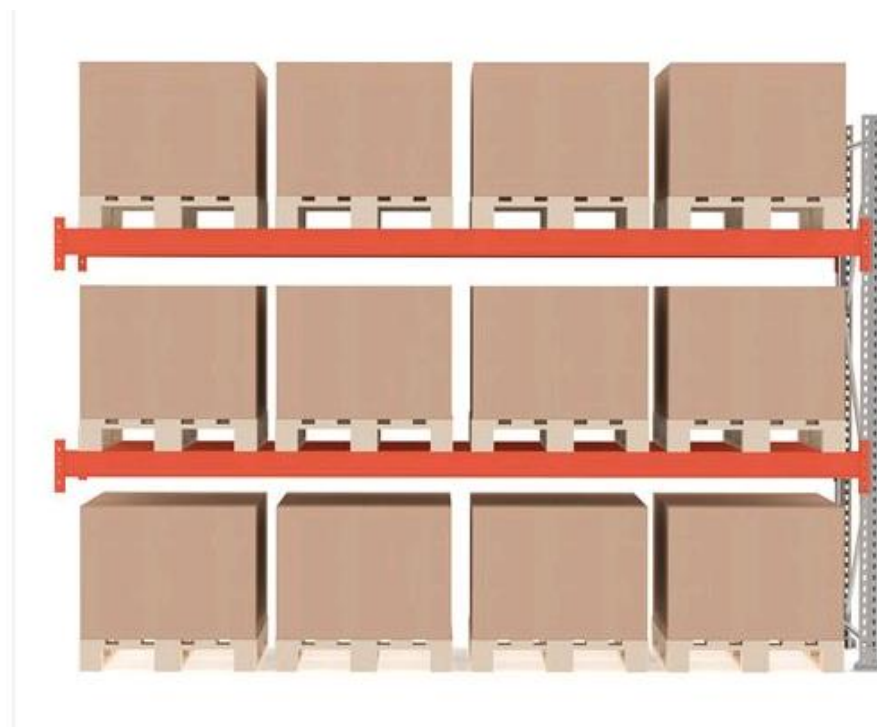
KUVA 2. Kasten P90 kuormalavahylly. (Kasten 2020)

Germans tarjoaa myös teollisuuteen kuormalavahyllyköitä. Tämän valmistajan hyllyjen maksimipituus on kuitenkin vain 2930 millimetriä. Kantavuus hyllyratkaisuissa riittää, sillä välikkökantavuudeksi on ilmoitettu 8000 kilogrammaa. Kantavuus siis riittää yksikön sijoittamiselle, mutta yksikkö pitäisi välikappaleen avulla sijoittaa hyllyjen väliin. Tässä tilanteessa tulisi tehdä kattava kartoitus tilanteesta ja varmistua tällaisen erikoisjärjestelyn turvallisuudesta. Hyllyt ovat kuitenkin teollisuuteen ja sen raskaiden objektien varastointiin suunniteltuja, joten ne ovat vakaita ja kestäviä. (Germans 2020.)



KUVA 3. Gerdmansin valmistama teollisuushyllykkö. (Gerdmans 2020)

AJ-tuotteiden valmistama Ultimate-kuormalavahylly lukeutuu samaan kategori-
aan edellä mainittujen valmistajien kanssa. Hyllyn välikkötavuus riittää yksi-
kön sijoittamiselle, mutta ongelmaksi muodostuu jälleen hyllyn mitat. Syvyydel-
tään hylly on 1100 millimetriä ja pituudeltaan 3600 millimetriä. Tässäkin tilan-
teessa Aerooff-yksikkö tulisi sijoittaa kahden hyllyn väliin.



KUVA 4. AJ-tuotteiden kuormalavahylly. (AJ-tuotteet 2020)

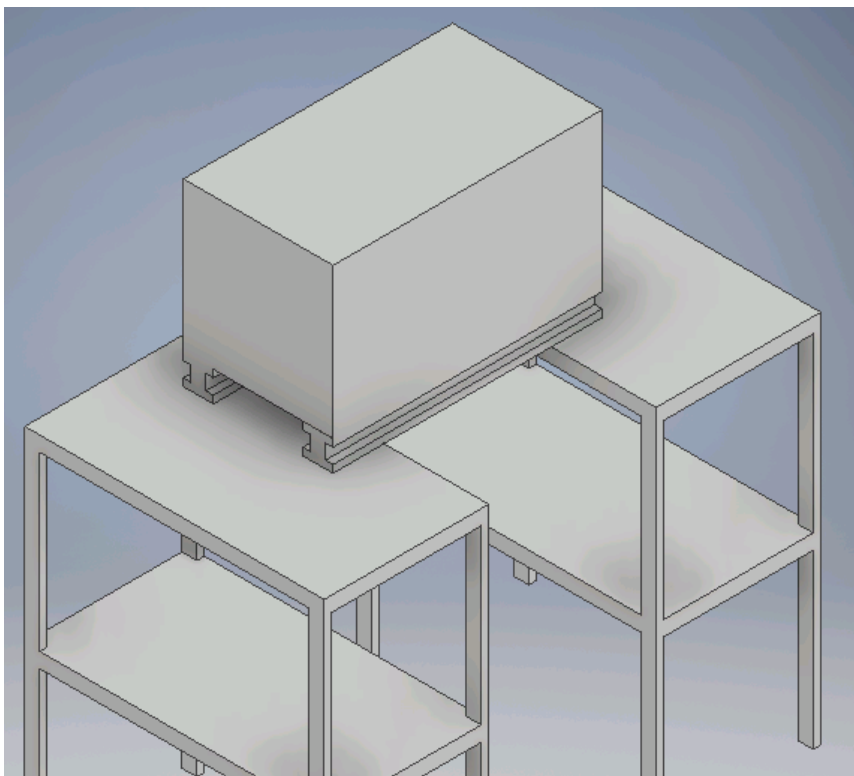


KUVA 5. Ulokevarastohyllyjä. (Varastoexpert 2020)

Yllä olevassa kuvassa on havainnollistava esimerkki ulokehyllyistä eli oksahyllyistä. Varastoexpert-internetsivujen mukaan maksimikuorma ulokkeelle on 3000 kilogrammaa. Intolog myy internetsivuillaan Kastenin valmistamaa ulokehyllykonaisuutta, jonka maksimikantavuus raskaassa versiossa on 800-1536 kilogrammaa. Aerooff- yksikkö painaa noin 1500 kilogrammaa, joten myös näille yksiköille olisi mahdollista sijoittaa. Ongelmaksi muodostuu kuitenkin ulokkeiden pituus, joka on maksimissaan 1200 millimetriä. (Intolog 2020.)

Näiden niin sanottujen valmistratkaisujen kohdalla joudutaan suunnittelemaan Aerooff-yksikölle asennusalusta, joka on mahdollista kiinnittää turvallisesti hyllyihin. Tämä asennusalusta voi kaikessa yksinkertaisuudessaan olla metallilevy tai metalliritilä, jonka alapintaan on kiinnitetty metallipalkit, jotka kannattelevat yksikköä ilmassa. Tällaisen asennusalustan käyttämisestä hyllyjen yhteydessä täytyy kuitenkin keskustella hyllyjen valmistajan kanssa, jotta turvallinen asennus on taattu.

Kuormalavahyllyjen hinnat vaihtelevat hieman niiden koon mukaan. Arvonlisäverottomat hinnat alkavat noin 500 eurosta ja kalleimmat hyllyt maksavat noin 800 euroa. Hyllyjä on saatavilla eri korkeudella ja leveydellä, mutta tässä tilanteessa maksimileveä hylly on todennäköisin vaihtoehto ja korkeus määrittyy tapauskohtaisesti.



KUVA 6. Esimerkki yksikön sijoittamisesta kuormalavahyllyille.

Yllä olevassa kuvassa 6 on yksinkertaistettu esimerkki, miten Aerooff-yksikkö voitaisiin sijoittaa kuormalavahyllyjen päälle. Yksikön alla ovat aluspalkit, jotka kantattelevat yksikköä ja johon yksikkö on kiinnitetty. Palkit ovat kiinnitettyinä hyllyihin ja hyllyt ovat asennettuna normaalisti valitulle paikalleen. Kuvaan ei ole mallinnettuna lähteviä putkia tai muuta vastaavia vaan kuvan avulla pyritään havainnollistamaan pohdittua asennustapaa. Asennusta voidaan helpottaa mittatilaustuotteilla, joita esimerkiksi Gerdmans ja AJ-tuotteet pystyvät tarjoamaan. (AJ-tuotteet 2020; Gerdmans 2020)

Markkinoilla löytyy myös raskaita rakennustelineitä, mutta ne eivät sellaisenaan sovi asennusaluksiksi tai telineiksi. Siltatyömailla ja muilla isoilla rakennustyömailla käytetään kantavuudeltaan riittäviä telineitä, mutta ne ovat tarkoitettu vain väliaikaista varastointia varten. Tällöin ne eivät sovellu Aerooff-yksikön asentamiseen, koska lähtökohtaisesti yksikkö asennetaan pysyvästi paikoilleen. Rakennustelineitä voitaisiin hyödyntää mahdollisuuksien mukaan huoltotöissä, sillä ne ovat tukevia ja helppoja koota paikalleen nopeastikin.

3.3 Asentaminen

Aeroff-yksikön asentamisessa valitulle paikalleen on sekä huomioitava että suunniteltava muutamia yksityiskohtia. Yksikköön tulevat ja siitä lähtevät ilmastointiyhteet

sijaitsevat jälkipuhdistusyksikön puoleisessa päässä, kuva 1. Aeroff-yksikköä sijoitettaessa täytyy sen sijoituspaikka täten valita siten, että jälkipuhdistusyksikön yhteydessä on riittävästi tilaa kanavaliitännöille. Yksikkö asennetaan tyypillisesti asennuspalkkien päälle. Yksikön pohjassa on tarve putkiyhteille muun muassa viemäröintiä varten. Kannatinrakennelmassa näitä putkiyhteitä varten on jätetty avointa aluetta.

Yksikkö voidaan nostaa paikalleen trukin tai nosturin avulla. Asennusalusta on kiinnitettävä tukevasti ennen yksikön asentamista sen päälle. Aeroff-yksikkö on kokonaisuudessaan 4,5 metriä pitkä, mutta koostuu kuitenkin kahdesta erillisestä osasta. Keskusyksikkö osa on 3 metriä pitkä ja jälkipuhallin on 1,5 metriä pitkä. Näiden kookkaiden osien nostaminen paikalleen vaatii että, nostotyö on suunniteltava huolellisesti.

3.4 Huollettavuus

Ratkaisua suunnitellessa oli otettava huomioon myös Aeroff-yksikön huollettavuus. Yksikössä olevat suodattimet ovat kookkaita ja painavia, joten esimerkiksi näiden vaihtaminen ja yleisesti koko yksikön huoltaminen on otettava huomioon suunnitteluvaiheessa.

Seinätelineestä on suunniteltu malli, jossa ovat huoltotasot kiinteinä tai siten, ettei siihen ole tehty huoltotasoja suodattimen vaihtoja varten. Suodattimien vaihtoväliksi on arvioitu noin vuosi, jolloin huoltotasot olisivat todella harvoin käytössä ja veisivät konepajasta jo aiemmin mainittua tilaa vaikkeivat olisikaan lattialle sijoitettuina. Myöskään tässä yhteydessä siirrettävät itsesuunnitellut huoltotasot ovat hieman epäkäytännöllisiä, koska niille on olemassa korvaava vaihtoehto. Siirrettävät saksilavanosturit ja niin sanotut kuukulkijat, henkilönostimet liikuteltavalla

korilla nostokurjen päässä, ovat oivia vaihtoehtoja, joilta voidaan suorittaa huoltotoimenpiteitä sekä mahdollisia asennustöitä. Oletettavasti käytössä on myös siltanosturi, trukki tai muu nostoapulaite, sillä jo itse Aerooff-yksikköä asennettaessa korkealle on niitä tarvittu apuvälineinä. Saatavilla on myös rakennustelineitä, joilta huoltotyöt voidaan suorittaa. Nämä ovat kuitenkin kiinteistöihin ehkä hieman epäsopivia.

Huoltotasollinen seinäteline koostuu samoista seinäkiinnikkeistä, joille voi myös asentaa suoraan pelkän Aerooff-yksikön. Tässä versiossa kiinnikkeet asennetaan samalla tavalla seinälle ja niiden päälle asennetaan taso, jonka päälle yksikkö tulee. Näin huoltotyöt voidaan suorittaa samalla tasolla kuin itse yksikkökin. Tämä kuitenkin vaatii hieman enemmän tilaa ja saattaa rajoittaa kyseisen mallin käyttöä osassa tapauksia.

Itsenäisesti seisovan telineen kohdalla tilanne on hieman erilainen. Laitekokonaisuus vie saman verran fyysistä tilaa, mutta huolto- ja kävelytaso on helposti toteutettavissa laitteen ympärille samaan tasoon kuin laite itsessään. Toki tämän telineen kohdalla samat toteutustavat huoltotoimenpiteille ovat mahdollisia, ja telineestä voidaan jättää myös helposti pois ja toteuttaa pelkkä teline, johon mahtuu vain Aerooff-yksikkö. Tässä tapauksessa huollot voidaan suorittaa samoilla keinoilla kuin seinätelineen tapauksessa.

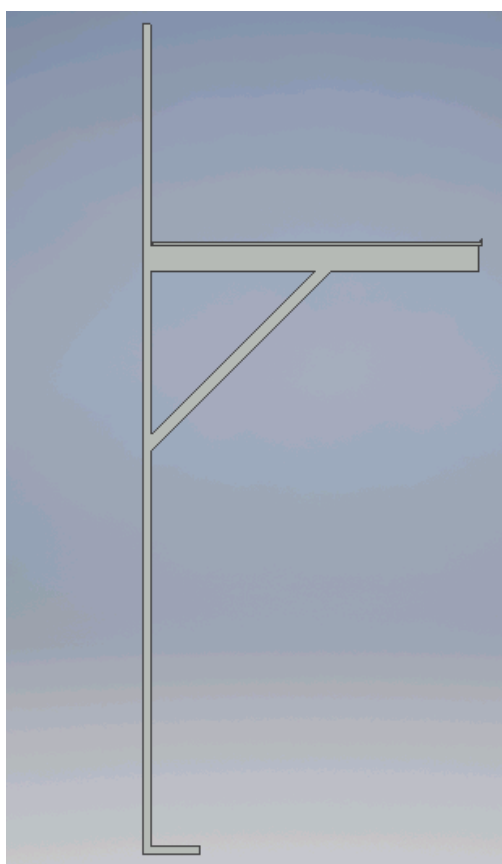
Päädyttäessä sijoittamaan Aerooff-yksikkö kuormalavahyllyjen päälle, täytyy huoltotyöt suorittaa erilliseltä huoltotasolta. Tässä tapauksessa toimitaan siis jälleen samalla tavalla huoltotasottomien telineiden kohdalla. Huoltotyöt täytyy suorittaa saksilavanosturien tai muiden henkilönostimien avulla.

3.5 CAD-mallit

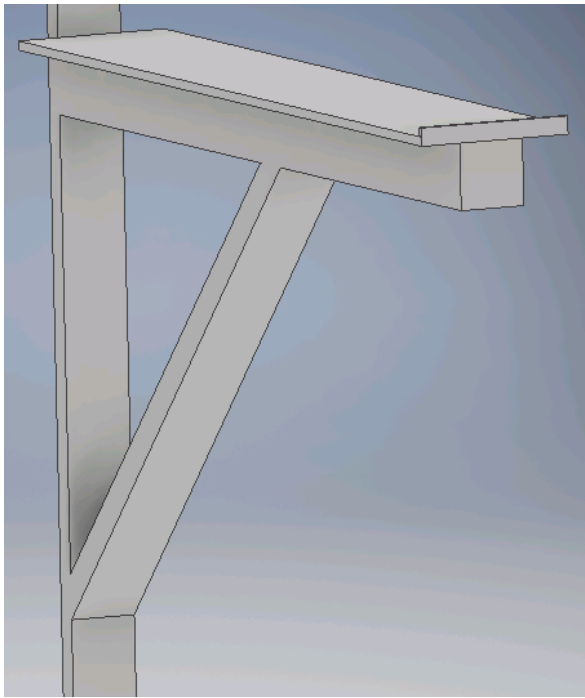
Tässä kappaleessa on koottuna kuvat Autodesk Inventor Professional 2018-ohjelmalla mallinetuista telineistä ja niiden osista. Varsinaiset tiedostot ovat myös palautettu ja annettu käytettäväksi opinnäytetyön palautuksen yhteydessä. Kaikki alla olevissa kuvissa esitetyt mitat ovat millimetrejä. Osat kiinnitetään toisiinsa hitsaamalla.

Alla olevissa kahdessa kuvassa (kuvat 7 ja 8) on esitettynä seinätelineen kannakkeet. Kuvassa 8 on lähikuva kannakkeesta, jossa näkyy vaakapalkin päällä levennys sekä palkin päässä oleva pieni ”kynsi”. Näille kannakkeille voidaan asentaa suoraan joko Aerooff-yksikkö tai vastaavasti huoltotasollinen teline (kuva 10 alempana). CAD-mallien lisäksi on niiden yhteydessä hieman alustavia suunniteltuja mitoituksia kappaleen koosta. Nämä mitat voivat kuitenkin muuttua tulevaisuudessa, kun kappaleille tullaan suorittamaan lujuuslaskelmat.

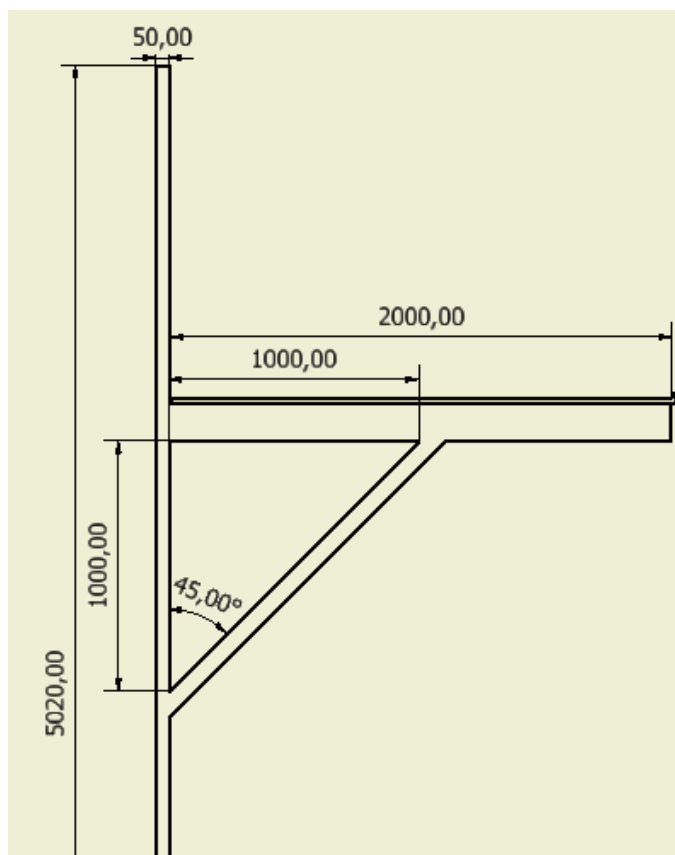
CAD-mallien yhteyteen on liitetty myös kuvat, joista on mahdollista tarkastella yleisiä kappaleen mittoja, jotka eivät tule todennäköisesti ratkaisevasti muuttumaan lujuustarkastelun jälkeen. Nämä mitat ovat rakenteiden ulkomittoja, jotka määrittyvät pääosin Aerooff-yksikön koon mukaan. Esimerkiksi itsenäisesti seisovan telineen jalkojen korkeutta ei ole määritetty, sillä ratkaisusta on pyritty tekemään mahdollisimman joustava. Jalkojen korkeus määrittyy kohteen mukaisesti ja voi olla tällöin jokaisen sijoituskohteen perusteella muuttuva.



KUVA 7. Seinäkannakkeen CAD-malli.



KUVA 8. Seinäkannakkeen CAD-malli.

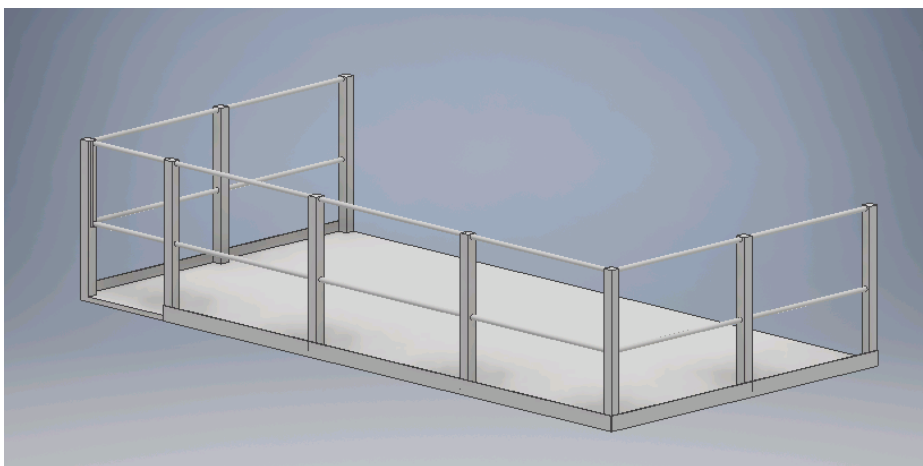


KUVA 9. Seinäkiinnikkeen mittoja.

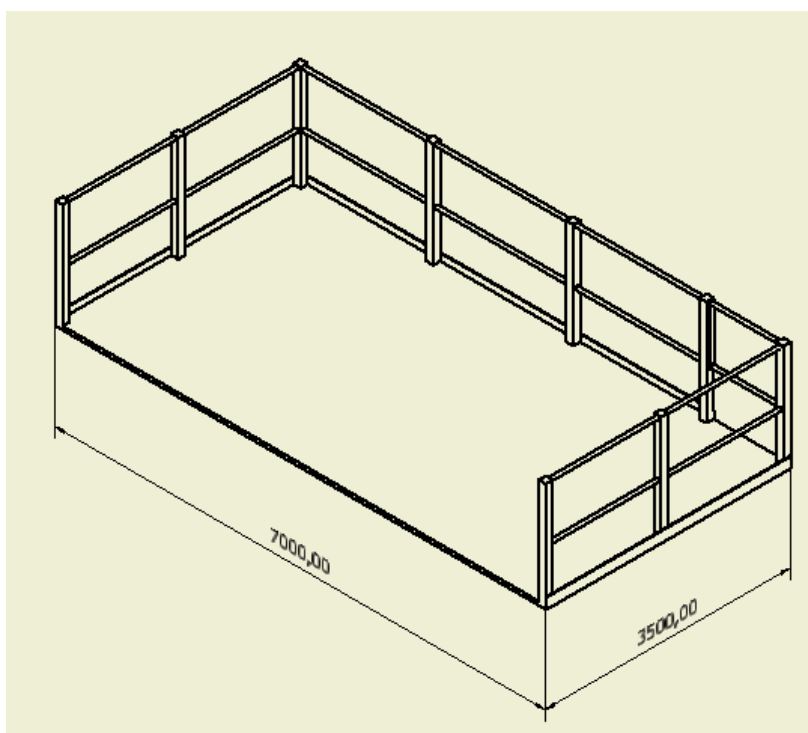
Ulokkeen leveys on 2000 millimetriä, jotta 1800 millimetriä leveä yksikkö on helposti asetettavissa palkille. Koko kannakkeen korkeus on nyt 5020 millimetriä.

Tämä mitta saattaa tietysti muuttua kohteen mukaan. Mikäli kannakkeen korkeus on tämä niin vaakapalkin alareuna on noin 3000 millimetrin korkeudessa.

Alla olevassa kuvassa (kuva 10) on esitettyä huoltotasollinen seinäteline, joka on siis mahdollista asentaa seinäkannakkeille, mikäli tämä on asiakkaalle sopivin ratkaisu. Huoltotaso on suunniteltu siten, että siihen mahtuu itse yksikkö ja sen ympärille jää huoltotöitä ja liikkumista varten tilaa.

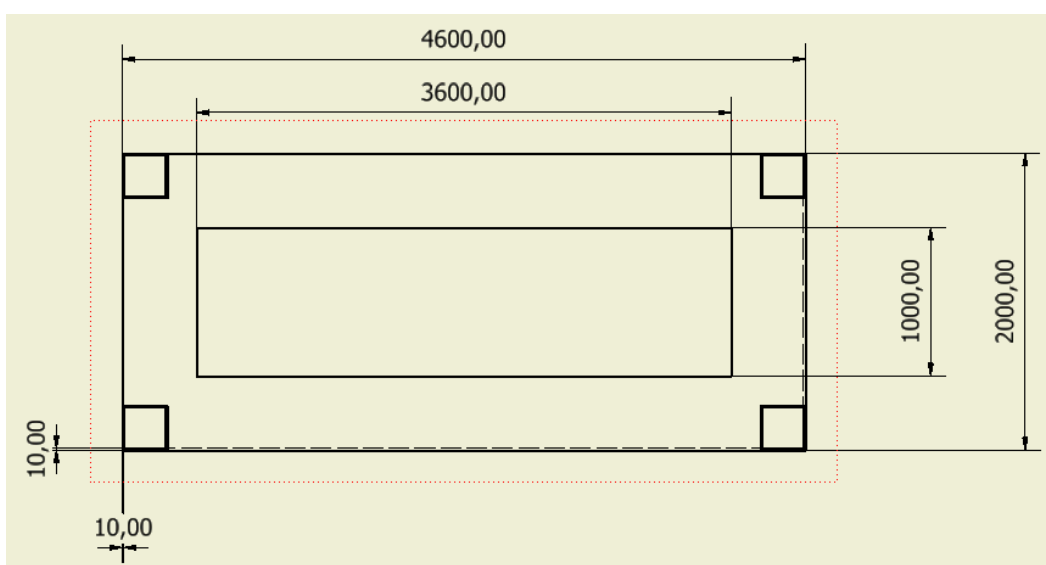


KUVA 10. Huoltotasollinen seinäteline.



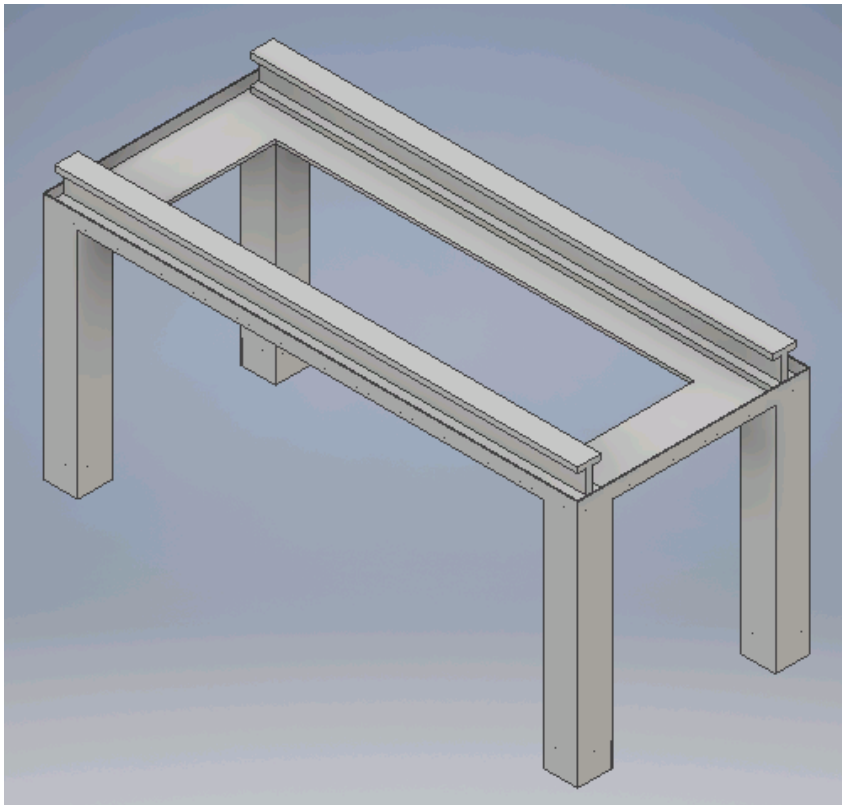
KUVA 11. Huoltotason mittoja.

Kuvissa 13 ja 14 ovat itsenäisesti seisovasta telineestä piirretyt CAD-mallit. Näiden kahden mallin tarkoituksena on mahdollistaa AeroFF-yksikön asentaminen sellaisiin paikkoihin, joissa seinäasennus ratkaisu on mahdotonta toteuttaa johdettujen esimerkiksi tilan puutteesta tai seinän rakenteesta. Nämä telineet ovat myös mahdollistaa sijoittaa seinien viereen tai vaikkapa keskelle lattiaa niille suunniteltuihin paikkoihin. Telineet kiinnitetään lattiaan pulttikiinnityksellä, jolloin estetään niiden liikkuminen, vaikka se lähtökohtaisesti itse telineiden massiivisuuden ja yksikön fyysisen koon vuoksi onkin melko mahdotonta. Huoltotason vastakkaisissa nurkissa löytyvät portit, joista kuljetaan itse tasanteelle suorittamaan tarvittavia tehtäviä.

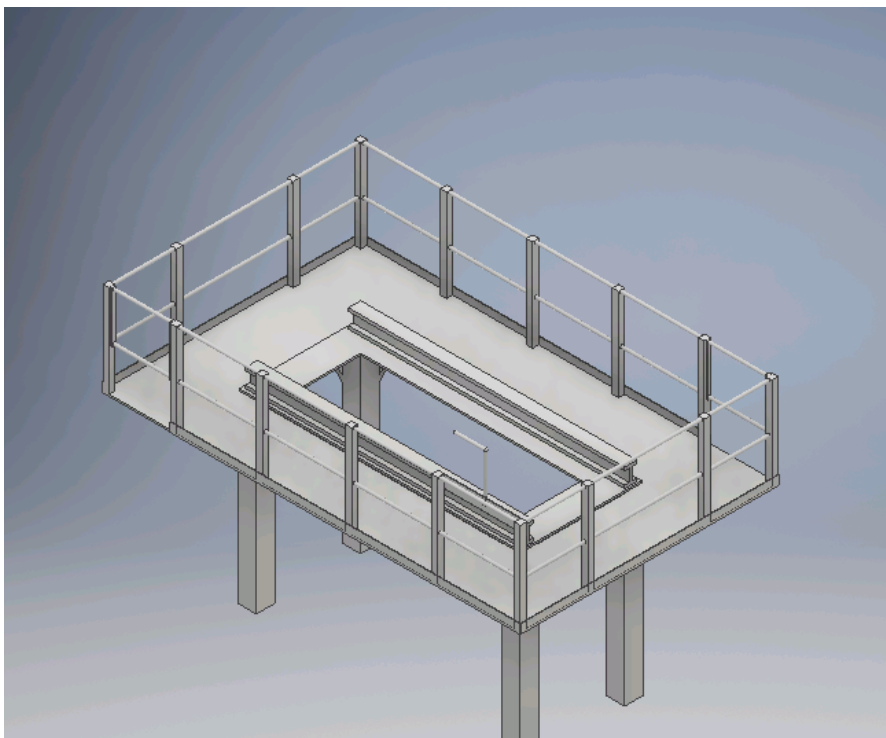


KUVA 12. Tason mittoja.

Yllä olevassa kuvassa 12 on esitetty itsenäisesti seisovan tason päämittoja. Nämä mitat määrittävät AeroFF-yksikön koon mukaan. Taso on tehty hieman isommaksi kuin yksikkö, jolloin se saadaan sovitettua reunojen sisään. Tasoa kiertää 10 millimetrin paksuinen ja 100 millimetriä korkea reunus. Tämä reunus näkyy alla olevassa kuvassa 13. Kulmissa näkyvät neliömuotoiset kohdat ovat jalkojen kiinnityskohdat.



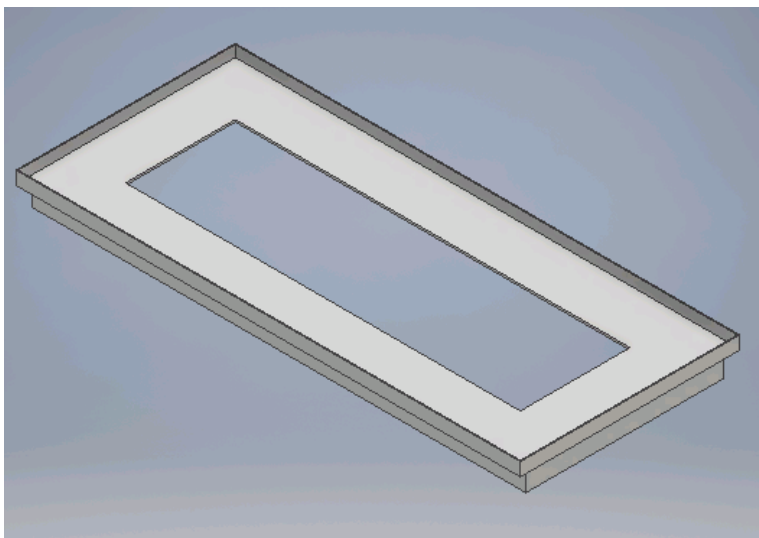
KUVA 13. Huoltotasoton teline.



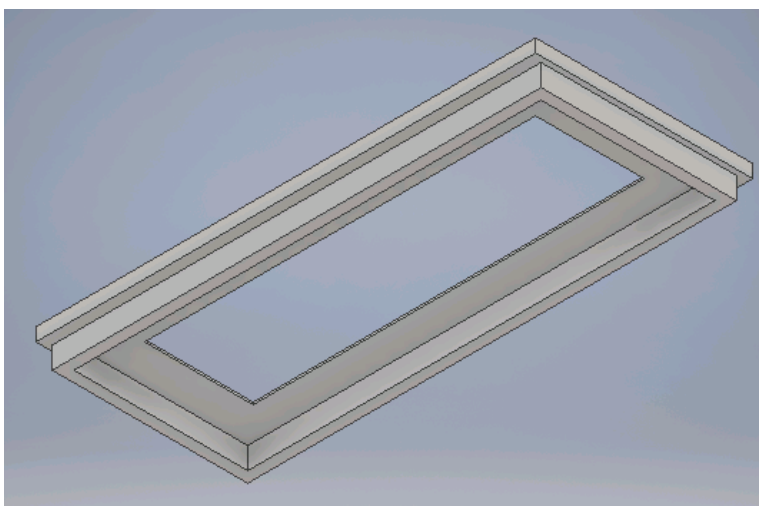
KUVA 14. Itsenäisesti seisova huoltotasollinen teline.

Huoltotasollisessa telineessä runko koostuu samasta tasosta kuin ylempänä.
Tätä tasoa kiertää huoltotaso, jonka leveys on 1 metri. Taso on tuettu alhaalta

päin tukipalkeilla, jotka näkyvät kuvassa 19. Tasoa kiertävän suojakaiteen korkeus on 1,5 metriä. Huoltotaso-kuvasta erottuu selvästi jo aikaisemmin mainittu reunus, joka rajaa yksikön asetuskohtan. Telineen jaloissa on alhaalla korvakkeet, joista jalka on mahdollista kiinnittää lattiaan ja näin estetään telineen liikuminen.

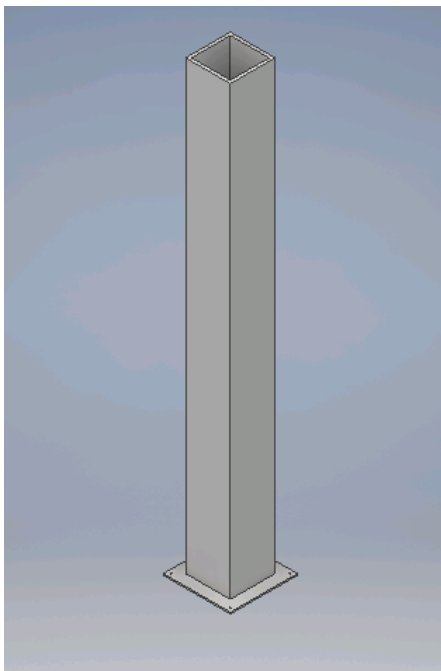


KUVA 15. Asennusalusta hyllyille.

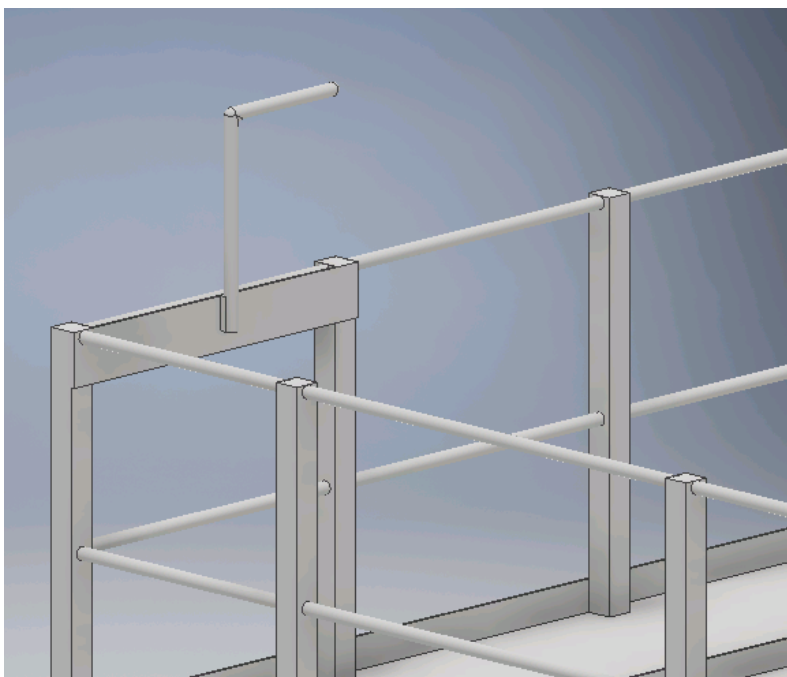


KUVA 16. Asennusalusta alhaalta.

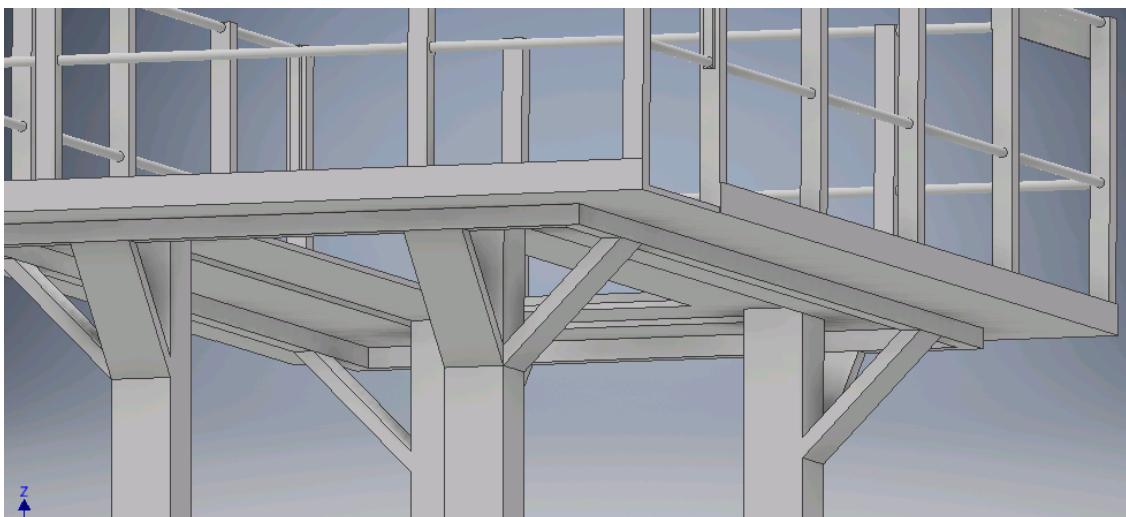
Yllä olevat kuvat 15 ja 16 kuvaavat esimerkkiä asennusalustasta hyllyille. Aluslevyn keskiosa, joka on CAD-mallissa tehty vastaavanlaiseksi kuin itsenäisesti seisovassa telineessä voidaan molemmissa tapauksissa korvata myös ritilätasolla. Asennusalusta on samankokoinen päämitoiltaan kuin nelijalkaisessa telineessä eli 4600 millimetriä pitkä ja 2000 millimetriä leveä.



KUVA 17. Telineen jalka.



KUVA 18. Taljan kiinnityspiste.



KUVA 19. Huoltotason tuenta.

3.6 Turvallisuustarkastelu

Suunniteltujen telineiden kohdalla vaadittavat turvallisuusominaisuudet ovat molemmissa tapauksissa samat. Lähtökohtaisesti telineiden tulee kestää vähintään Aerooff-yksikön kuorma päällään. Tämä kuorma on staattista sekä koko tämä telineen ja yksikön tuottama kokonaisuus pysyy paikallaan, joten huomioon ei tarvitse ottaa sen suurempia värinöitä, äkkinäisiä liikkeitä tai muita muuttuvia olosuhteita. Versiot, joihin ei ole integroituna huoltotasoja, vaaditaan oikeastaan vain siis kantakykyä kannatella yksikkö. Huoltotasot sisältävät versiot vaativat hieman enemmän kantavuutta, sillä tasojen ja niillä työskentelevien ihmisten tuottama lisäpaino täytyy huomioida. Toki ratkaisut pohjautuvat toisiinsa molemmissa tapauksissa, joten huoltotasoton versio käytännössä kestää saman kuorman kuin huoltotasollinen versio.

Muita huomioitavia turvallisuuteen liittyviä seikkoja ovat putoamissuojat. Huoltotasolla työskenneltäessä täytyy huolehtia, ettei tasoilta putoa henkilöitä muttei myöskään heidän käyttämiään työkaluja, vaihdettavia osia tai muuta. Huoltotasoihin on suunniteltu turvakaiteet, jotka estävät henkilöiden putoamisen tasolla työskenneltäessä. Kaiteissa on portit tasolle kulkemista varten, jolloin kaiteiden ylitse ei tarvitse kiipeillä missään olosuhteissa. Nämä portit ovat lukittavia, jottei-

vat ne jää vapaasti avonaisiksi vaan ovat kiinni ollessaan osa kiinteää kaidekonaisuutta. Kaiteiden alla, tason pinnassa ja hieman sen yläpuolelle, sijaitsee reuna, joka estää esimerkiksi työkalujen vierimisen tasolta alas.

Kuormalavahyllyjen kohdalla pätee osittain samoja turvallisuusseikkoja kuin itse suunnitelluille telineille. Lähinnä huollettavuuden toimintatavat ovat samankaltaisia, koska ne pitää tehdä erilliseltä huoltotasolta, esimerkiksi saksilavanosturi, samalla tavalla kuin ilman huoltotasoa olevissa telineissä. Lisäksi näiden kohdalla on huomioitava asennettaessa yksikköä, että se on kunnolla hyllyjen päällä kiinnitettynä. Hyllyjen ja hyllypäätyjen kantavuus riittää, mutta asennettaessa on todella tärkeää huomioida, että Aerooff-yksikkö ei missään tapauksessa voi päästä irtoamaan ja tippumaan alusta, jolla se on asennettu hyllyille. Lisäksi pitää varmistua huoltotöitä tehtäessä, onko esimerkiksi hyllyjen päällä turvallista oleskella ja mikäli siellä oleskellaan, on käytettävä asianmukaisia turvavälineitä, kuten esimerkiksi turvavaljaita ja suojakypärää.

Tasoilla ja niiden läheisyydessä työskenneltäessä on huomioitava kyseisessä ympäristössä olevat muut liikkuvat elementit; kuten nosturit, trukit, mahdolliset muut ajoneuvot. Lisäksi myös yksikön on oltava turvallisessa tilassa huoltoa varten. Nämä eivät kuitenkaan ole tässä työssä suoranaisesti käsiteltäviä asioita, mutta ne ovat kuitenkin mainitsemisen arvoisia seikkoja.

3.7 Rasisimulaatiot

Tässä kappaleessa käydään läpi kappaleiden ja materiaalien lujuuksia sekä muita ominaisuuksia. Näin saadaan selville, onko suunniteltuja ratkaisumalleja teoreettisesti mahdollista toteuttaa.

Tarkastelussa on käytetty materiaalina rakenneterästä S355. Tämän teräslaadun myötöraja on 355 N/mm^2 . (Kalamies, Pellosniemi. n.d) Myötöraja on kappaleen rakentamiseen käytettyyn materiaaliin kohdistuva suurin sallittu jännitys. Myötöran yllittävä jännitys tuottaa kappaleeseen pysyviä muodonmuutoksia, jolloin kappale ei enää palaudu alkuperäiseen muotoonsa. (Nevalainen n,d)

Seuraavissa laskelmissa tutkitaan hieman pintapuolisesti kappaleeseen kohdistuvia rasituksia ja voimia. Kattavat lujoustarkastellut jätetään suorittamatta tässä vaiheessa ja ne toteutetaan tuotekehitysorganisaation toimesta ennen kappaleiden valmistuksen aloittamista.

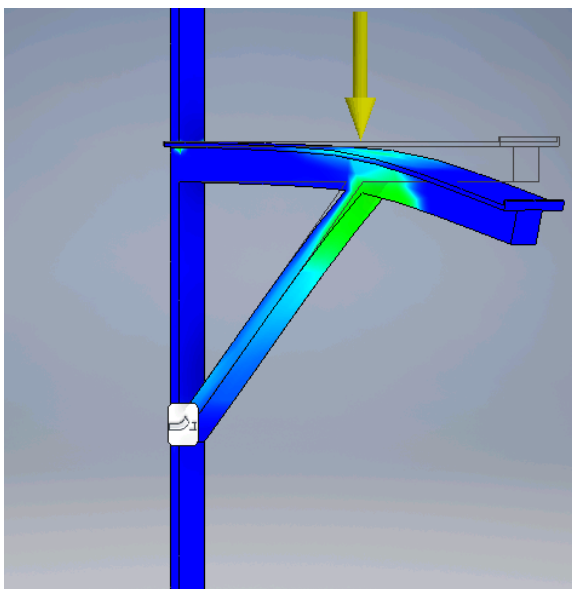
Autodesk Inventor- ohjelman Stress Analysis – toiminnolla tehdyissä rasisimulaatioissa on käytetty 3000 kiloa vastaavaa taakkaa. Tämä oletustaakka muodostuu noin 2000 kilosta, jonka Aerooff-yksikkö painaa, sekä kappaleen omasta painosta. Lisäksi huomioon on otettu tasoilla työskenteleviä henkilöitä, jolloin 3000 kiloa on varmasti riittävä oletuskuorma.

3.7.1 Itsenäisesti seisova teline

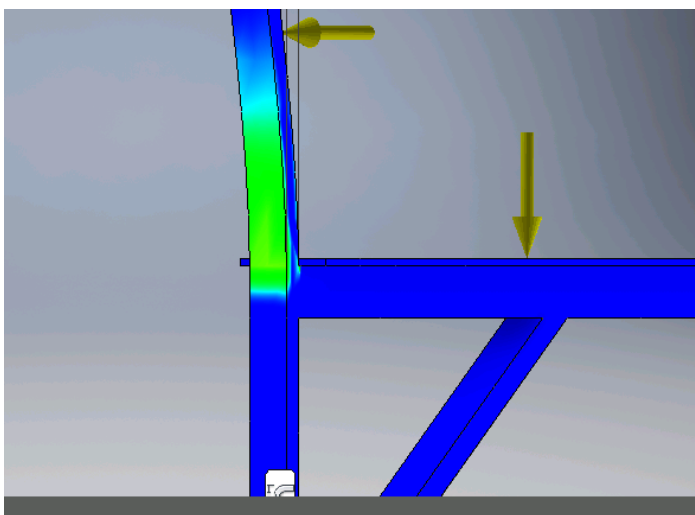
Aerooff-yksikön tuottama rasitus jakaantuu tasaisesti neljälle jalalle. Tällöin lasketaan yhtä jalkaa kohden kohdistuva paine ja verrataan sitä käytettävän materiaalin myötörajan arvoon. Käytettävän S355 teräksen myötöraja on 355 N/mm^2 . Kalamies, Pellosniemi. n.d, 656) Aerooff-yksikön prototyyppi painaa noin 1500 kilogrammaa.

3.7.2 Seinäteline

Rasisimulaatiossa on kuviteltuna tilanne, jossa 3000 kilogramman taakka on jakautunut tasaisesti kolmelle seinäkannakkeelle. Tässä tilanteessa on käytetty 2000 kilogramman sijasta 3000 kilogrammaa, jolloin on huomioitu huoltotasot, huoltotyöntekijät ja muu irtaimisto.

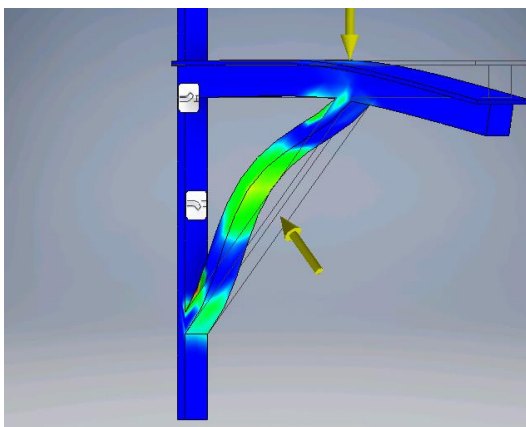


KUVA 20. Rasitus seinäkiinnikkeessä



KUVA 21. Rasitussimulaatiota.

Autodesk Inventor-ohjelman Stress Analysis-toiminnon avulla tehdyllä kokeilulla seinäkannakkeen rasituskohdista voidaan todeta, että suurimmat rasitukset syntyvät telineen liitoskohtiin. Rasitukset simuloitiin kuvitteellisella tilanteella, jossa Aerooff-yksikköä ja huoltotasoa kannattelsi tasaisesti sijoiteltuina kolme suunniteltua telinettä. Tämä tilanne on kuitenkin suuntaa antava ja täytyy aina tarkistaa asiakaskohtaisesti ennen telineen asennusta.



KUVA 22. Alatuki.

Alatukeen kohdistuu myös suuri rasitus, sillä sen tehtävänä on kannatella yksikköä sekä mahdollisesti myös huoltotasoa, mikäli se on asennettuna. Alatuessa suurin rasitus kohdistuu keskelle tukea.

3.8 Ratkaisu

Aeroff-yksikön asentamiseen käytettävää ratkaisua on mahdollista muokata kohteen mukaan. Asentamisessa on huolellisesti käytävä läpi mahdolliset ratkaisut ja valittava niistä sopivin kyseiselle asiakkaalle. Mikäli asiakkaalla on jo kuormalavahyllyjä käytössään varastoissaan, voidaan näitä hyödyntää ja sijoittaa yksikkö hyllyille, kunhan ensin on tarkistettu kantavuuden riittävyys. Samalla täytyy huomioida myös, mahtuuko Aeroff-yksikkö kyseiseen tilaan hyllyille sijoitettuna. Lisäksi sijainti kohdepoistokohteisiin nähden on huomioitava, jotta saadaan taloudellisesti tehokas ratkaisu. Pitkien ilmastointikanavien rakentaminen saattaa lisätä runsaasti hintaa hankkeelle.

Itsesuunnitellut telineet ovat helposti muokattavin ratkaisu Aeroff-yksikön asentamisessa. Aiemmin esitetyt telineet voidaan valmistaa jokaiselle asiakkaalle räätälöitynä, esimerkiksi huoltotasolla tai ilman. Ulkomitoiltaan teline on kuitenkin lähes aina sama, mutta esimerkiksi korkeutta on helppo säätää valmistusvaiheessa jalkojen mittaa muuttamalla. Telineen sijoittaminen sopivaan paikkaan on myös hieman helpompaa kuin kuormalavahyllyjen kohdalla, koska teline on pienempi kuin kahden kuormalavahyllyn muodostama kokonaisuus. Itsesuunnitellun telineen hintaa on hieman vaikeampi arvioida, koska lopullisia ainevahvuuksia,

tarvittavan teräksen määrää sekä valmistamiseen kuluviin työtuntien hinta ei ole tiedossa. Telineen valmistaminen maksaa oletettavasti enemmän kuin kuormalavahyllyjen ostaminen valmiina, mutta modifiointi on huomattavasti helpompaa.

Ratkaisuehdotuksena on siis Aerooff-yksikön asentaminen itsesuunniteltujen telineiden avulla, kun on ensiksi kartoitettu mikä suunniteltu vaihtoehto on sopivin asiakkaan tiloihin ja tarpeisiin. Tätä mallia käyttämällä saadaan mahdollisimman hyvin asiakkaan tarpeita vastaava ratkaisu toteutettua. Toki tapauskohtaisuus korostuu ja toiselle asiakkaalle kuormalavahyllyjen päälle asentaminen on helpoin ratkaisu. Tavarantoimittajien mittatilaustyöt voivat mahdollistaa todella helpon tavaran yksikön asentamiselle, mutta tavarantoimittajilta ei ehditty prosessin aikatauluun sopivasti saamaan vielä vastauksia. Tästä johtuen mittatilaushyllyihin kohdistuva kysymys sopivuudesta jää vielä avoimeksi.

4 POHDINTA

Tässä opinnäytetyöprosessissa onnistuttiin löytämään ja kartoittamaan mahdollisia ratkaisuja Aerooff-yksikön asentamiseen. Prosessi saatiin myös vietyä suunnitellussa ajassa kevään aikana läpi eikä se venynyt liian pitkäksi vaan eteni koko ajan tasaisesti eteenpäin. Uutta tietoa opinnäytetyön kannalta saatiin löydettyä tutkimalla eri lähteitä, joka luonnollisesti auttaa etenemään. CAD-mallintaminen pienen tauon jälkeen Autodesk Inventor-ohjelmalla alkoi myös sujumaan koko ajan luonnollisemmin ja ohjelman eri ominaisuuksia pystyttiin hyödyntämään. Työstä olisi tehnyt kattavamman, mikäli lujuuslaskelmat olisi pystytty suorittamaan samassa yhteydessä eikä niitä olisi tarvinnut jättää tulevaisuuteen tuotekehittäjien tehtäväksi. Myös mittatilaustyönä valmistettavat hyllyt jäivät vielä hieman epäselviksi.

Opinnäytetyö prosessina on jo lähtökohtaisesti täysin uusi kokemus. Koulussa kolmen vuoden aikana tehdyt ja palautetut raportit antavat hyvät lähtökohdat tämän työn kirjoittamiselle ja maaliin saattamiselle. Haasteita matkan varrelle löytyi monia. Suurimpana näistä varmasti nousee esiin suunnittelukokemuksen puute. Tämän opinnäytetyöprosessin aikana suunniteltu Aerooff-yksikön teline on ensimmäinen varsinainen suunnittelutyö ja se hidastaa prosessia hieman. Ideointi ja telineen lopullisen toteuttamisen hahmottaminen lähti prosessin alusta asti melko hyvin vauhtiin. Kaiken tämän saaminen CAD-mallin ja tekstin muotoon vaatii erityisen paljon keskittymistä ja aikaa. Suuri haaste on myös omalta osaltaan rajausta ja päätöksen teko siitä, kuinka montaa suunnitelmaa pitää yhtä aikaa pöydällä rinnakkain ja kuinka pitkälle näitä kehitetään ja missä vaiheessa tehdään lopullisia päätöksiä.

Kokonaisuutena opinnäytetyöprosessi on todella opettavainen. Tuttuakin aihetta käsitellessään joutuu haastamaan itsensä, sillä jokainen esille nostettava asia on perusteltava ja tuotava kattavasti asian kaikki puolet esiin kuitenkin sopivasti aihetta rajaten.

LÄHTEET

Aeroff Oy. 2020. Innovaatiomme taustaa. Internetsivu. Luettu 5.2.2020
<https://www.aeroff.fi/taustaa/>

AJ-tuotteet. 2020. Kuormalavahyllyt. Internetsivu. Luettu 8.3.2020.
https://www.ajtuotteet.fi/varasto-teollisuus/varastokalusteet/kuormalavahyllyt/462138.wf?gclid=EAlaIQobChMIh_ia2MX56AIVxoeyCh30FwnjEAAYASA-BEgljJvD_BwE&gclidsrc=aw.ds

Eurometalli-lehti. 30.01.2019. Konepajojen työilmaan parannus uuden puhdistusratkaisun avulla. Internet-sivu. Luettu 4.3.2020. <https://eurometalli.com/konepajojen-tyoilmaan-parannus-uuden-puhdistusratkaisun-avulla/>

Germans Oy. 2020. Kuormalavahyllyt. Internetsivu. Luettu 24.2.2020.
<https://www.germans.fi/varasto-ja-teollisuus/hyllyt/kuormalavahyllyt>

Haavisto, P. TTT-lehti. 3.9.2019. Puhtaampaa ilmaa koneistajille. Internetsivu. Luettu 4.3.2020. <https://www.ttlehti.fi/puhtaampaa-ilmaa-koneistajille/>

Harjula, E., Koskinen, P. 2007. Tuotekehitysprosessi. Liiketalouden koulutusohjelma. Lahden Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Intolog. 2020. Varastohyllyt. Internetsivu. Luettu 8.3.2020. https://www.intolog.fi/varastot/pitkan-tavaran-hyllyt/ulokehyllyt?gclid=EAlaIQobChMIhfma6oqB6QIVAcqyCh37bQKNEAAYASAAEgLwkvD_BwE

Kalamies, U. Pellosniemi J. n.d Teräsrakennetuotteet ja suositeltavat teräslajit. Internetsivu. Luettu 2.3.2020 <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010406.pdf>

Kasten Oy. 2020. Kuormalavahyllyt. Internetsivu. Luettu 8.3.2020.
<https://www.kasten.fi/Tuotteet/Kuormalavahylly/perinteinen-kuormalavahylly/>

Nevalainen, H. n.d Teräsopas, Stattiset lujuus- ja sitkeysominaisuudet. kappale 4.4 Internetsivu. Luettu 2.3.2020 <http://www.elisanet.fi/harri.nevalainen/tietoisk/staattisetIsot.htm>

Pihlajamaa, P. 2020. Koneistajien työympäristön ilmanlaatuun kannattaa panostaa. Työterveyslääkärilehti. 1/2020,

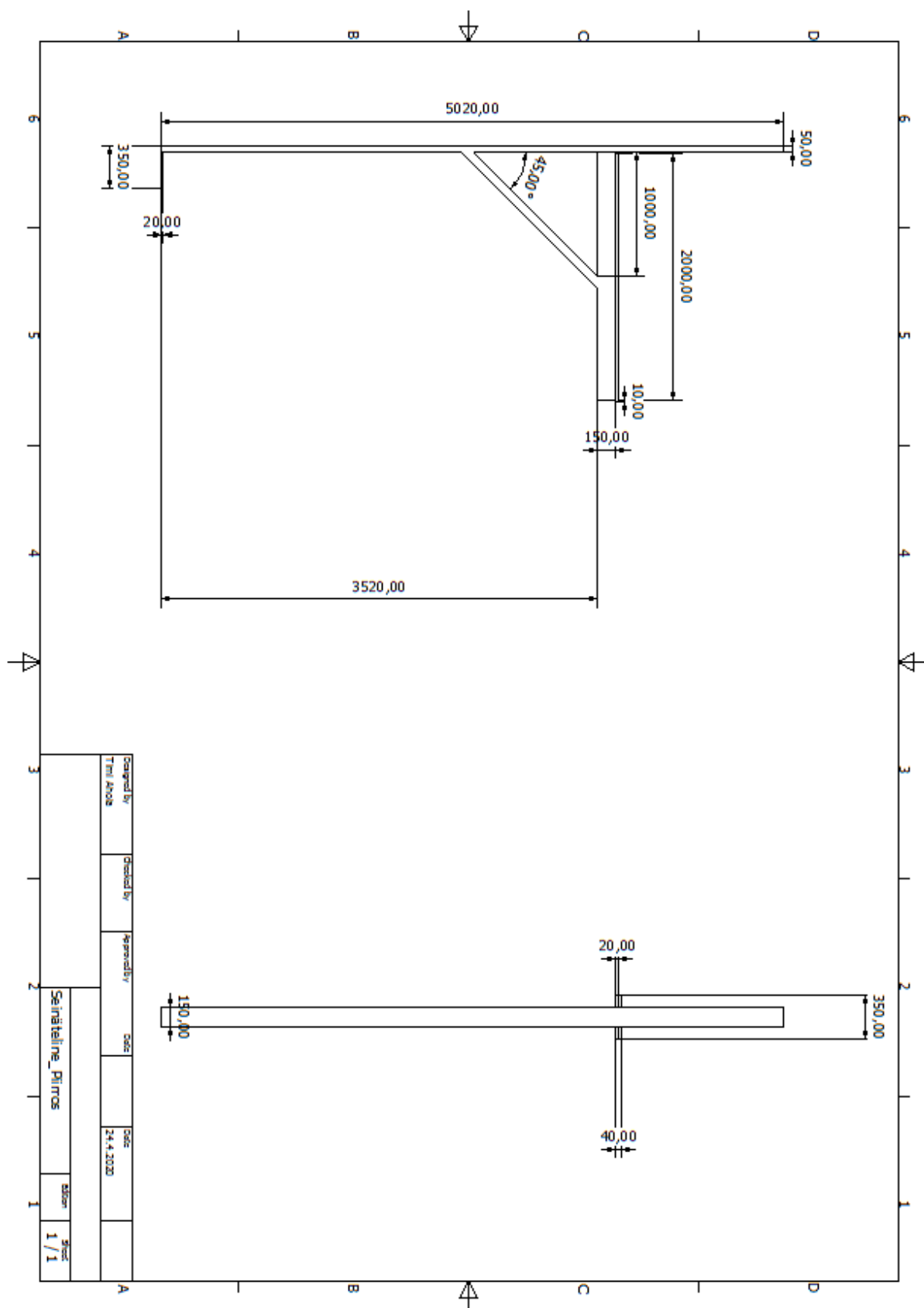
Tibnor. 2020. Alumiinit. Internetsivu. Luettu 12.3.2020. <https://www.tibnor.fi/tarjontamme/materiaalit/alumiinit>

Totalmateria. 2020. Alumiinin ominaisuudet. Internetsivu. Luettu 12.3.2020.
<https://www.totalmateria.com/page.aspx?ID=AluminumProperties&LN=FI>

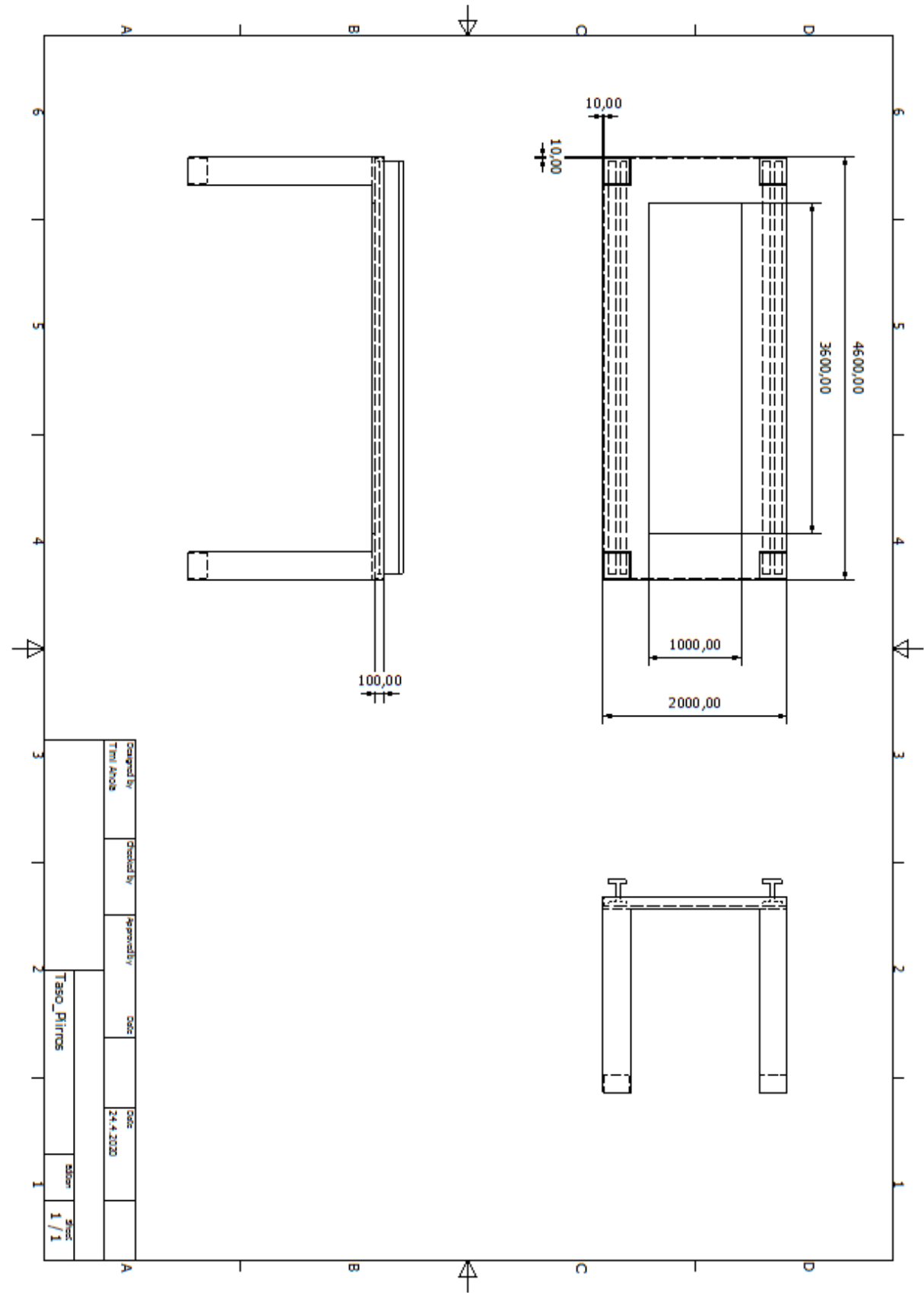
Varastoexpert. 2020. Kuormalavahyllyt. Internetsivu. Luettu 8.3.2020.
<https://www.varastoexpert.fi/35/kuormalavahylly-k78>

LIITTEET

Liite 1. Seinäkannake.



Liite 2. Huoltotasoton itsenäinen teline.



Liite 4. Huoltotaso seinäkiinnikkeille.

